

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-123243

(43)Date of publication of application : 08.05.2001

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C22C 38/14  
C22C 38/58

(21)Application number : 11-299270

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 21.10.1999

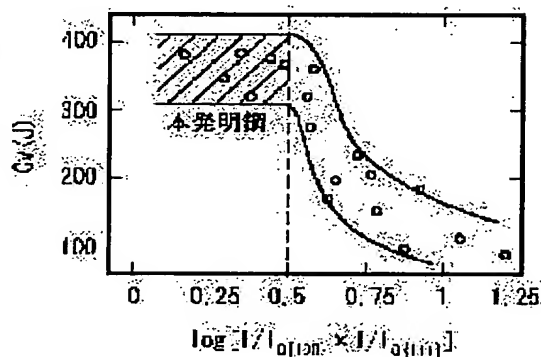
(72)Inventor : NAGAI YOSHIHIDE  
KOJIMA AKIHIKO  
YOSHIE ATSUSHIKO  
KOYAMA KAZUO

## (54) THIN HIGH STRENGTH STEEL SHEET HAVING HIGH IMPACT ABSORBING ENERGY

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a high strength steel sheet with a sheet thickness of  $\leq 20$  mm having high impact absorbing energy.

**SOLUTION:** This thin high strength steel sheet with a sheet thickness of  $\leq 20$  mm having high impact absorbing energy has chemical components containing, by weight, 0.03 to 0.1% C, 1.0 to 2.0% Mn, 0.01 to 0.1% Nb, 0.005 to 0.02% Ti and 0.001 to 0.006% N, containing 0.5% Si, 0.02% P, 0.003% S, 0.06% Al and  $\leq 0.005\%$  O, and the balance iron with inevitable impurities, and rolled texture satisfying the inequality (1):  $\log [I/I_0\{100\} \times I/I_0\{111\}] \leq 0.5 \dots (1)$ . I: the plane strength obtained by X-ray diffraction as for this steel, I<sub>0</sub>: the plane strength obtained by the X-ray diffraction for a sample having random crystal orientation, I/I<sub>0</sub>{hkl}: the ratio between the plane intensity I of the lattice plane {hkl} of ferrite and the plane intensity I<sub>0</sub> of the lattice plane {hkl} of ferrite, where the measured plane in the X-ray diffraction is the one parallel to the rolling face at a position of 1/4 thickness in the sheet thickness direction.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-123243

(P2001-123243A)

(43) 公開日 平成13年5月8日(2001.5.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 A
38/14		38/14	
38/58		38/58	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-299270

(22) 出願日 平成11年10月21日(1999. 10. 21)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 長井 嘉秀

君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君  
津製鐵所内

(72) 発明者 児島 明彦

君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君  
津製鐵所内

(74) 代理人 100105441

弁理士 田中 久喬

最終頁に続く

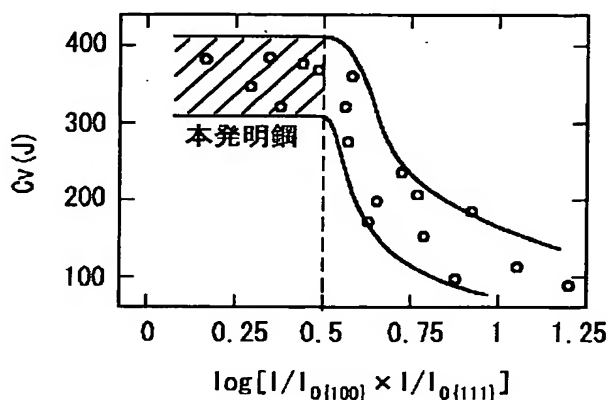
(54) 【発明の名称】 高い衝撃吸収エネルギーを有する薄手高強度鋼板

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 板厚20mm以下で高い衝撃吸収エネルギーを有する高強度鋼板。

【解決手段】 重量%で、C:0.03~0.1、Mn:1.0~2.0、Nb:0.01~0.1、Ti:0.005~0.02、N:0.001~0.006を含有し、以下、Si:0.5、P:0.02、S:0.003、Al:0.06、O:0.005以下で、残部が鉄および不可避免の不純物からなる化学成分を有し、圧延集合組織が、(1)式を満たす、高い衝撃吸収エネルギーを有する板厚20mm以下の薄手高強度鋼板。 $\log \left[ \frac{I}{I_{0100}} \times \frac{I}{I_{0111}} \right] \leq 0.5 \dots$

(1)。I:本発明鋼についてX線回折により得られる面強度。I<sub>0</sub>:ランダム結晶方位を有する試料のX線回折により得られる面強度。I/I<sub>0<sub>hkl</sub></sub>:フェライトの格子面{hkl}の面強度Iとフェライトの格子面{hkl}の面強度I<sub>0</sub>との比。ただし、X線回折の測定面は、板厚方向1/4厚位置の圧延面に平行な面とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C：0.03～0.1%、Si：0.5%以下、Mn：1.0～2.0%、P：0.02%以下、S：0.003%以下、Nb：0.01～0.1%、Ti：0.005～0.02%、Al：0.\*

$$\log [I/I_{0100} \times I/I_{0111}] \leq 0.5 \quad (1)$$

I：本発明鋼についてX線回折により得られる面強度  
I<sub>0</sub>：ランダム結晶方位を有する試料のX線回折により得られる面強度

I/I<sub>0100</sub>：フェライトの格子面{hkl}の面強度 Iとフェライトの格子面{hkl}の面強度I<sub>0</sub>との比  
ただし、X線回折の測定面は、板厚方向1/4厚位置の圧延面に平行な面とする。

【請求項2】 重量%で更に、Cu：0.1～1.0%、Ni：0.1～1.0%、Cr：0.1～1.0%、Mo：0.05～0.3%、V：0.01～0.1%、Mg：0.0001～0.003%、B：0.0003～0.002%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1記載の高い衝撃吸収エネルギーを有する板厚20mm以下の薄手高強度鋼板。

【請求項3】 重量%で更に、Ca：0.001～0.005%、REM：0.002～0.02%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の高い衝撃吸収エネルギーを有する板厚20mm以下の薄手高強度鋼板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、板厚20mm以下の薄手材で優れた衝撃吸収エネルギー（Cv）特性を有する高強度鋼に関するものであり、原油・天然ガス等の輸送用ラインパイプ用鋼板の他、タンク用鋼等として利用できる。

## 【0002】

【従来の技術】X65～X70級の強度を持つ鋼板はフェライト+パーライト組織ないし、これに一部ベイナイトが混ざった組織を有し、この強度レベルで高いCv（衝撃吸収エネルギー）を得るのは困難であった。さらに、セパレーションと呼ばれる衝撃試験片破面に存在する圧延面に平行な層状の割れがCvを低下させ、不安定延性破壊発生の原因となる。このため、高Cv鋼板製造の方策のひとつとしてセパレーションの抑制が行われてきた（例えば、特開昭54-1226号公報）。このセパレーションの発生量と圧延集合組織との間には相関があり、圧延集合組織の発達を抑制することによりセパレーションは抑制され高いCvが得られるが（たとえば、鉄と鋼第68年（1982）pp435～443）、圧延集合組織とセパレーション発生量およびCv値との関係を定量化したものはない。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、圧延集合組

\*0.6%以下、N：0.001～0.006%、O：0.005%以下を含有し、残部が鉄および不可避免の不純物からなる化学成分を有し、圧延集合組織が以下の（1）式を満たすことを特徴とする、高い衝撃吸収エネルギーを有する板厚20mm以下の薄手高強度鋼板。

織の発達度を規定することによりセパレーションを抑制し、板厚20mm以下の薄手でも高いCv値を有するX65～X70級（API規格）の高強度鋼板の製造を可能とするものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは圧延集合組織を $\log [I/I_{0100} \times I/I_{0111}] \leq 0.5$ に規定することにより、Cv特性を劣化させるとされるセパレーションの発生を抑制し、高強度かつ高いCvを有する鋼板が得られることを見出し、本発明を完成した。

【0005】本発明の要旨は、重量%で、C：0.03～0.1%、Si：0.5%以下、Mn：1.0～2.0%、P：0.02%以下、S：0.003%以下、Nb：0.01～0.1%、Ti：0.005～0.02%、Al：0.06%以下、N：0.001～0.006%、O：0.005%以下を含有し、さらに必要に応じて、Cu：0.1～1.0%、Ni：0.1～1.0%、Cr：0.1～1.0%、Mo：0.05～0.3%、V：0.01～0.1%、Mg：0.0001～0.003%、B：0.0003～0.002%、の1種または2種以上、および/または、Ca：0.001～0.005%、REM：0.002～0.02%の1種または2種以上を含有し、残部が鉄および不可避免の不純物からなる化学成分を有し、X線回折により得られるミラー指数で{100}、{111}面のフェライトの面強度がランダム方位試料のそれに対する比（I/I<sub>0</sub>）を $\log [I/I_{0100} \times I/I_{0111}] \leq 0.5$ に規定することにより、高いCv（衝撃吸収エネルギー）を有することを特徴とする板厚20mm以下の高強度鋼板である。

【0006】ただし、上記式中において、

I：本発明鋼についてX線回折により得られる面強度  
I<sub>0</sub>：ランダム結晶方位を有する試料のX線回折により得られる面強度

I/I<sub>0100</sub>：フェライトの格子面{hkl}の面強度 Iとフェライトの格子面{hkl}の面強度I<sub>0</sub>との比を意味し、X線回折の測定面は、板厚方向1/4厚位置の圧延面に平行な面とする。

## 【0007】

【発明の実施の形態】高いCvを得るにはセパレーションを抑制することが必要であり、本発明では、圧延集合組織を制御することによりセパレーション発生量を抑制し、高いCvを得ることを特徴としている。

【0008】本発明者らは $\log [I/I_{0100} \times I/I_{0111}] \leq 0.5$

$I_{0110}$  ]なる指標を導入することにより、圧延集合組織の制御による高Cv鋼板の製造を可能とした。

【0009】IはX線回折(XRD)により得られる面強度であり、 $I_0$ は結晶方位がランダムである試料の面強度である。 $I/I_{0110}$  はフェライト{100}面におけるランダム方位試料に対する面強度比である。セパレーション発生に影響を及ぼす集合組織は圧延面に平行な面におけるフェライト{100}面、{111}面であり、上記指標は両者を同時に評価するものである。

【0010】ここでXRDの測定はMoターゲット、Zrフィルタを使用し、サンプリングステップを $0.05^\circ$ 以下、スキャン速度を $2^\circ/\text{min}$ 以下とし、試験片はランダム方位標準試料も含め全て同一サイズとする。また、圧延面に平行な板厚1/4部の面を測定するものとする。ただし、サンプリングステップは $0.02^\circ$ 以下、スキャン速度は $1^\circ/\text{min}$ 以下が望ましい。

【0011】セパレーション発生量の指標として、セパレーションインデックス(SI)を衝撃破面単位面積あたりに存在するセパレーションの総長と定義すると、図1および図2に示すように、SIおよびCvと $\log [I/I_{0110} \times I/I_{0110}]$ には相関関係が存在し、図からも分かるように、 $\log [I/I_{0110} \times I/I_{0110}] \leq 0.5$ とすることでセパレーションの発生を抑制することができ、例えばJIS4号フルサイズ換算で $-20^\circ\text{C}$ でのCvが300Jを超えるような優れた衝撃特性を有する鋼板が得られる。

【0012】 $\log [I/I_{0110} \times I/I_{0110}] \leq 0.5$ を満足するような鋼板の製造方法の一例として、請求項記載組成の鋳片を添加Nbが十分溶解する高温に再加熱した後、 $850^\circ\text{C}$ 以下の累積圧下量が50%以下、かつAr<sub>1</sub>以上の高温で圧延を終了させる。圧延後の冷却方法は加速冷却、空冷どちらでもかまわない。

【0013】次に各化学成分の限定理由について説明する。

【0014】Cは、(1)式を満足し且つ、強度を確保するためには最低0.03%は必要である。しかし、Cが多すぎると、靱性および衝撃特性の劣化を招くため、上限を0.1%とした。

【0015】Siは脱酸を行うために、添加される元素であるが、多量に添加すると衝撃特性を著しく劣化させる島状マルテンサイトが多量に生成するため、上限を0.5%とした。鋼の脱酸はTiないしAlでも可能であり、必ずしも添加する必要はない。

【0016】Mnは強度、靱性の確保に不可欠な元素であり、Ar<sub>1</sub>を低下させ集合組織の発達を抑制する働きがあるため、下限を1.0%とする。しかし、Mnが多すぎるとスラブの中心偏析を助長し、板厚中心部の靱性および衝撃特性を劣化させるので上限を2.0%とする。

【0017】Pは多量に存在すると、中心偏析を助長し、さらに結晶粒界に粒界偏析する事により粒界脆化を

引き起こし、著しい靱性および衝撃特性の低下を引き起こす。このため、Pは0.02%以下とする。

【0018】Sについても多量に存在すると、中心偏析を助長し、また伸長したMnSが多量に生成し、靱性および衝撃特性を劣化させるため、その上限を0.003%とする。

【0019】Alは通常脱酸材として鋼に含まれる元素で組織の微細化にも効果を有する。しかし、Al量が0.06%を超えるとAl系非金属介在物が増加し、鋼の清浄度を害するので上限を0.06%とする。脱酸はTi、Siでも可能でありAlは必ずしも添加する必要はない。

【0020】Nbは結晶粒を微細化するとともに析出強化元素として、鋼板の機械特性を向上させる。このため最小値を0.01%とする。しかしながら、多すぎると溶接時の継手靱性が劣化するため上限を0.1%とした。

【0021】Tiはピンニング粒子であるTiNを形成し、加熱時および溶接熱影響部(HAZ)のオーステナイト粒の粗大化を抑制し、母材およびHAZの靱性を向上させる。このため、下限を0.005%とする。しかし、Tiが多すぎるとTiNの粗大化やTiCが生成し靱性および衝撃特性を劣化させるため、上限を0.02%とする。

【0022】Nはピンニング粒子であるTiNを形成し、加熱時およびHAZのオーステナイト粒の粗大化を抑制し靱性を向上させる。しかし、多すぎるとスラブ表面疵や固溶Nが過剰となりHAZ靱性の劣化の原因となるため、0.001~0.006%と定義する。

【0023】Oは、鋼中の酸化物を低減し清浄度の改善と靱性の向上のため、0.005%以下とする。

【0024】CuはNiとほぼ同様の効果を持ち0.05%以上で、耐食性、耐水素誘起割れ性などにも効果があるが、0.5%を超えると熱間圧延時にCuクラックが発生し、製造困難となる。このため、上限を1.0%とした。

【0025】Niは、靱性および衝撃特性を劣化させることなく強度を上昇させる元素として有効である。Niは、MnやCr、Moと比較して衝撃特性を著しく劣化させる島状マルテンサイトを形成することが少なく、微量の添加で溶接部の靱性向上にも有効である。この効果を発揮させるには、0.1%以上の添加が必要であるが、添加量が多すぎると経済性が損なわれるため、上限を1.0%とした。

【0026】Crは母材、HAZの強度を増加させる効果があり、この効果を発揮させるには0.1%以上の添加が必要である。しかしながら多すぎるとHAZ靱性が著しく劣化するため上限を1.0%とする。

【0027】Moは鋼の焼入れ性を向上させ、ベイナイト組織とすることでセパレーション発生に有害な圧延集

合組織を抑制するとともに、強度上昇にも有効である。しかしながら過剰なMo添加はHAZ靱性を劣化させるのでMoの添加量は0.05～0.3%とした。

【0028】VはほぼNbと同様の効果を有し、下限を0.01%、上限を0.1%とする。

【0029】Mgは加熱オーステナイト粒径の粗大化を抑制し、鋼板の機械特性を向上させる。また、溶接時の継手靱性を向上にも非常に有効である。上記効果を得るには0.0001%以上のMgが必要となるが、上記効果はMgが0.003%あれば十分であり、これ以上のMgの添加は単にコスト上昇となるため上限を0.003%とする。

【0030】Bは焼入れ性を向上させ、強度を上昇させるが、多すぎると靱性の劣化を招くだけでなく、焼入れ性向上効果を消失せしめることもあるので、下限を0.0003%、上限を0.002%とする。

【0031】CaおよびREMはともに硫化物(MnS)の形態を制御し、衝撃特性を向上させる。しかしながら、多すぎると巨大なクラスターを形成し、清浄度が低下するためCaは0.001～0.005%、REMは0.002～0.02%とする。

【0032】

【実施例】No. 1～7はいずれも本発明条件に合致する鋼板であり、十分な強度および優れた衝撃特性を有する。No. 8、9は $\log \left[ \frac{I}{I_{0.0001}} \times \frac{I}{I_{0.0001}} \right]$ が0.5を超え、集合組織の制御が出来ていないためセパレーションが発生し、Cvが低値となった。No. 10はC量が多すぎるため、集合組織制御が出来ているもののCvは低値となった。No. 11は逆にC量が少ないため、十分な強度が得られていない。No. 12はSiが多すぎるためCvは低値となった。No. 13はMnが多すぎるためCvは低値となった。No. 14は逆にMnが少ないため、十分な強度が得られない。No. 15、16はそれぞれ不純物元素であるP、Sが多すぎるためCvは低値となった。No. 17～19はそれぞれCu、Cr、Moが多すぎるためCvは低値となった。No. 20はNbフリーであり、十分な細粒化が行われず、強度、衝撃特性ともに十分な値は得られない。No. 21、22はそれぞれN、Oが多すぎるため、やはりCvは低値となった。

【0033】

【表1】

鋼	化学成分(mass%)																				YS (MPa)	log[I <sub>1000</sub> × I <sub>1000</sub> ] †	Cv <sub>sec</sub> * (J)	Cv <sub>sec</sub> * (J)		
	No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	B	Mg	Ca	REM	N	O					板厚 (mm)	
本 製 鋼 質	1	0.06	0.31	1.5	0.011	0.002	-	0.16	0.16	0.16	0.04	0.06	0.012	0.024	-	-	0.0035	-	0.003	0.001	12	496	0.42	360	320	
	2	0.05	0.31	1.5	0.011	0.002	-	0.16	0.16	0.16	0.04	0.06	0.012	0.024	-	-	0.0035	-	0.003	0.002	8	452	0.28	372	300	
	3	0.05	0.44	1.4	0.010	0.002	0.6	0.11	0.9	-	0.06	-	0.015	-	-	0.0021	0.0013	0.008	0.003	0.003	20	461	0.26	416	352	
	4	0.09	-	1.5	0.011	0.001	-	0.34	0.2	0.26	0.01	0.03	0.011	0.021	0.0005	-	-	-	0.001	0.001	12	494	0.35	319	288	
	5	0.04	0.32	1.6	0.009	0.002	0.1	0.15	-	0.06	0.05	0.05	0.015	-	-	-	-	0.0041	-	0.004	0.003	15	477	0.28	381	339
	6	0.07	0.20	1.5	0.010	0.003	-	-	0.4	0.15	0.03	0.03	0.006	0.063	0.0011	-	0.0048	-	0.003	0.002	10	513	0.46	326	264	
	7	0.03	0.29	1.4	0.018	0.002	0.9	0.59	-	0.09	0.08	-	0.019	0.038	-	-	-	0.0024	-	0.006	0.004	6	506	0.39	355	317
	8	0.05	0.31	1.5	0.011	0.002	-	0.16	-	0.16	0.04	0.06	0.012	0.024	-	-	0.0035	-	0.003	0.002	10	531	1.05	125	99	
	9	0.05	0.40	1.4	0.010	0.002	0.6	0.11	0.3	-	0.06	-	0.015	-	-	0.0021	-	0.008	0.003	0.002	8	507	0.53	161	133	
	10	0.19	0.23	1.1	0.016	0.003	-	-	-	-	0.03	0.04	0.011	0.042	-	-	-	-	0.003	0.001	18	518	0.39	52	37	
比 較 鋼	11	0.02	0.35	1.3	0.012	0.001	0.3	-	-	0.04	0.05	-	0.035	-	-	-	-	-	0.002	0.001	12	417	0.44	325	298	
	12	0.07	0.58	1.2	0.012	0.002	-	-	-	0.04	-	-	0.035	-	-	-	-	-	0.002	0.002	15	487	0.31	111	86	
	13	0.06	0.33	2.3	0.011	0.002	-	-	-	0.13	0.04	0.05	0.012	0.023	-	-	0.0033	-	0.003	0.002	12	489	0.35	144	120	
	14	0.06	0.32	0.8	0.014	0.002	0.1	0.16	0.3	0.11	0.05	0.06	0.013	0.026	-	-	0.0036	-	0.003	0.003	15	437	0.48	297	202	
	15	0.08	0.29	1.2	0.034	0.002	-	-	0.3	-	0.05	-	0.012	0.031	0.0009	-	-	-	0.003	0.001	20	466	0.41	64	48	
	16	0.07	0.36	1.3	0.012	0.007	-	-	0.3	-	0.05	-	0.011	0.033	0.0010	-	-	-	0.003	0.001	18	459	0.45	81	32	
	17	0.05	0.33	1.2	0.010	0.002	1.2	0.19	-	-	0.03	-	-	0.023	-	-	0.0025	-	0.003	0.002	16	487	0.36	100	81	
	18	0.05	0.32	1.2	0.008	0.002	-	0.10	1.5	-	0.05	0.05	0.012	0.025	-	-	0.0031	-	0.003	0.001	12	507	0.37	122	88	
	19	0.05	0.21	1.4	0.011	0.002	0.3	0.14	-	0.40	0.05	0.06	0.013	0.025	-	-	-	-	0.004	0.002	12	456	0.44	142	116	
	20	0.10	0.35	1.2	0.013	0.002	-	0.12	-	-	0.00	-	0.012	0.020	-	-	0.0028	-	0.003	0.003	20	433	0.48	163	103	
	21	0.08	0.35	1.0	0.011	0.002	0.3	0.14	-	0.08	0.04	0.05	0.012	0.022	-	-	0.0033	-	0.006	0.002	15	481	0.29	133	111	
	22	0.05	0.18	1.5	0.008	0.002	-	0.16	-	0.18	0.06	0.06	-	0.019	-	-	0.0034	-	0.004	0.007	10	480	0.29	109	90	

試験片はいずれも圧延方向と垂直方向より採取したものである。

↑ランダム方位標準サンプルとして、粉末冶金により作成した 2.5×2.5mm のサンプルを使用した。

\*JIS4号シヤルピー試験片を使用し、9本の平均の値である。

板厚 12mm 以下のものについては、7.5mm ないし 6mm サブサイズ試験値を 10×10mm フルサイズに換算した値である。

【0034】

【発明の効果】本発明により板厚 2.0 mm 以下の薄手についても高い Cv を有する高強度鋼板が製造可能となった。

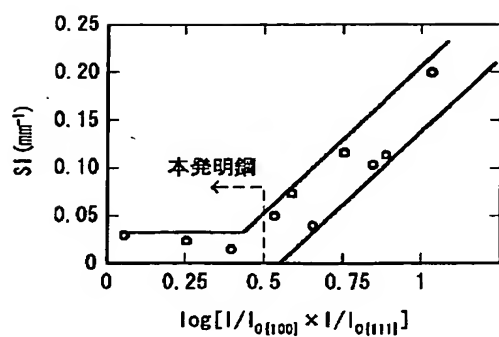
【図面の簡単な説明】

【図1】セバレーションインデックス (SI) と集合組

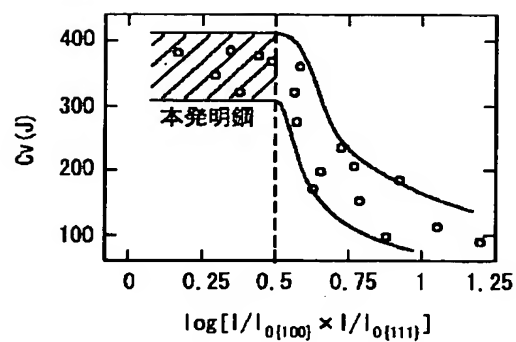
織 ( $\log [I/I_{0.0001} \times I/I_{0.0001}]$ ) との関係を示したグラフである。

【図2】衝撃吸収エネルギー (Cv) と圧延集合組織 ( $\log [I/I_{0.0001} \times I/I_{0.0001}]$ ) との関係を示したグラフである。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 吉江 淳彦  
富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
術開発本部内

(72) 発明者 小山 一夫  
富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
術開発本部内